Vestnik zoologii, **40**(6): 483—495, 2006

УДК 575.8

ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА (БИОСФЕРА КАК АРЕНА ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ)

М. Ф. Ковтун

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины,
ул. Б. Хмельницкого, 15, Киев, 01601 Украина

Принято 13 июля 2006

Факторы эволюции с позиции системного подхода (биосфера как арена эволюционных процессов). Ковтун М. Ф. — Обсуждается вопрос о сочетанной эволюции жизни и биосферы как глобальной биологической системы. Системный подход основывается на теории функциональных систем П. К. Анохина; суждения об эволюции, структуре и функции биосферы опираются, главным образом, на учение В. И. Вернадского. Показано, что с позиции системного подхода, несколько меняется трактовка и эволюции, и биосферы, и биотического круговорота, и естественного отбора; меняются оценка и сущность других факторов эволюции. Главными факторами эволюции представляются следующие: потенциально неограниченное количество экологических ниш; гетерогенность системы; потребность биотического круговорота в интенсификации биогенной миграции атомов и расширении арсенала используемых ресурсов биосферы; изменчивость организмов; свободное вещество и энергия; полезный конечный результат, который стремится получить система.

Ключевые слова: эволюция, биосфера, система, системный подход, факторы эволюции.

Factors of Evolution from the Positions of the System Approach (Biosphere as an Arena of Evolutionary Processes). Kovtun M. F. — Обсуждается The problem of joined evolution of the life and biosphere as a global biological system. The system approach is based on P. K Anokhin's theory of functional systems; the concepts of evolution, structure and function of biosphere are rested mainly upon V. I. Vernadsky's doctrine. It is shown that from the system approach viewpoint, the concepts of the evolution, biosphere, biotic circulation and natural selection become somewhat different; also different are appraisal and essence of other evolutionary factors. The main evolutionary factors are considered as follows: potentially unlimited number of ecological niches; heterogenity of the system; Главными факторами эволюции представляются следующие: потенциально неограниченное количество экологических ниш; гетерогенность системы; need of intensification of biogenic migration of atoms and expansion into biosphere resources in the biotic circulation; variability of organisms; free substance and energy; useful final result, which the system tries to receive.

Key words: evolution, biosphere, system, system approach, evolutionary factors.

Введение

Биосфера и эволюция — понятия широко известные, и вместе с этим знания о них находятся на уровне гипотез или не совсем совершенных (не общепринятых) теорий. Получение эмпирических знаний здесь крайне затруднено.

Интуитивное ощущение развития (эволюции) было присуще еще древним ученым-философам. Однако обобщить факты и продвинуть эти «ощущения» до уровня теории эволюции суждено было лишь в середине XIX в., и сделал это Ч. Дарвин. По мнению многих биологов, теория Ч. Дарвина не исчерпывает сути процесса эволюции. В частности, не все согласны с оценкой факторов эволюции, оспаривается элемент случайности в выборе направления эволюции. Однако неоднократные попытки создать «совершенную» теорию основываются на той же методологии и мировосприятии, что и теория Ч. Дарвина (включая и синтетическую теорию эволюции — СТЭ).

Термин «биосфера» появился в научной литературе во второй половине XIX в. (Süess, 1875). До этого аналогичные понятия высказывались как «жизненная среда» (Гумбольдт, 1826), «пространство

жизни» (Ratzel, 1869). Под биосферой Е. Зюсс понимал «совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли» (Süess, 1909).

Единого понимания термина «биосфера » нет и в настоящее время. Часть авторов под биосферой понимают совокупность организмов или слой живого вещества; другие – пространственную оболочку Земли, формирование которой обеспечила жизнь. Разное видение и неоднозначная трактовка этого понятия, очевидно, заложены в самой сущности и природе биосферы, которая, с одной стороны, создана жизнедеятельностью организмов, а с другой – является средой, в которой жизнь зарождалась, эволюционировала, существовала и существует. Поэтому к определению В. И. Вернадского, который биосферой называл оболочку Земли, строение и организованность которой обусловлены жизнедеятельностью организмов, очевидно, следовало бы добавить: и которая сама является колыбелью жизни. Неотъемлемым компонентом жизни и биосферы является круговорот вещества и потоков энергии.

Из такого определения вытекает несколько следствий: зарождение и эволюция биосферы неизбежно связаны с зарождением и эволюцией жизни; биосфера и жизнь неразрывно связаны между собой, хотя между ними, очевидно, имеется определенный «люфт»; биосфера, как и жизнь, в процессе эволюции дифференцировалась и усложнялась; функциональная связь между ними осуществлялась благодаря биотическому круговороту вещества и однонаправленному потоку энергии, которые неизбежно должны были возникнуть с началом жизнедеятельности даже наипростейших организмов; биотический круговорот вещества и потоки энергии эволюционировали взаимосвязано с эволюцией и дифференциацией жизни и биосферы в целом; биосфера должна иметь определенную структуру и функцию.

По В. И. Вернадскому, в общих чертах в структуру биосферы входят: косное, живое и биогенное вещества, которые образуют биоценозы различного уровня сложности и эволюционной продвинутости. При этом биосфера выполняет энергетическую, геохимическую и средообразующую функции (Вернадский, 1967, 1989, 1991).

Проблеме эволюции биосферы посвящено много публикаций, обзор которых можно найти в специальных монографиях, написанных в разное время, с привлечением разных фактических материалов и, можно сказать, обсуждающихся с разных методологических позиций (Камшилов, 1979; Колчинский, 1990; Голубець, 2005). В частности, Э. Колчинский делает вывод, что этот вопрос изучен слабо, так как это связано с огромными трудностями, обусловленными тем, что формирование биосферы восходит ко времени, о котором мы не имеем прямых палеонтологических данных, а реконструкция начальных этапов эволюции биосферы всегда гипотетична. Однако какими бы гипотетичными не выглядели начальные шаги эволюции биосферы, можно утверждать, что она зарождалась с первыми проявлениями возникающей жизни и становления (как результат зарождающейся жизни) биотического круговорота вещества и потока энергии.

В. И. Вернадский отмечал следующие основные тенденции в эволюции биосферы: рост биомассы и организованности биосферы; повышающаяся роль живого вещества в становлении и стабилизации поверхностных оболочек Земли; накопление энергии; возникновение новых форм миграции химических элементов; биосферные адаптации (возникновение озонового слоя, способность растений к фотосинтезу, иерархичность структурных уровней биосферы). Приходится удивляться глубине проникновения мысли В. И. Вернадского в биосферно-эволюционные процессы, о чем свидетельствуют высказанные им идеи и сформулированные биохимические принципы организации и функционирования биосферы. Важнейшим из них мы считаем принцип, согласно которому биогенная миграция атомов стремится к максимуму. Этот принцип органически соединяется с одним из пунктов приведенных выше «тенденций» эволюции биосферы – возникновением новых форм миграции химических элементов. Поскольку «биогенная миграция атомов стремится к максимуму», что требует возникновения «новых форм миграции» этих атомов, а новые формы миграции могут быть обеспечены, главным образом, новыми жизненными формами, способными интенсифицировать биогенную миграцию атомов, то этот принцип отражает одну из важнейших фундаментальных закономерностей эволюции жизни в рамках биосферы Земли.

Важнейшее значение В. И. Вернадский придавал сложившейся в биосфере «системе круговоротов» вещества и потоков энергии. Именно круговорот вещества постоянно нуждается в интенсификации биогенной миграции атомов, что, в свою очередь, требует расширения арсенала используемых в биосфере ресурсов. В силу этого эта система круговоротов определяет основные направления эволюции жизни и органического мира в целом.

О системной организации биосферы говорилось неоднократно (Ковда, 1972; Ковальский, 1985 цит. по: Богатырев и др., 2004; Колчинский, 1990; Голубець, 1997). Л. Г. Богатырев и др. (2004) считают, что наиболее актуальным в развитии концепции биосферы остается ее исследование как единой системы на планетарном уровне.

Исследование различных аспектов биосферы продолжается. Обсуждаются вопросы границ биосферы и ее структурирование (Богатырев и др., 2004). М. А. Голубец анализирует новые аспекты эволюции биосферы, пути выхода из кризисных ситуаций, формирование новой науки – геосоциосистемологии (Голубець, 2005).

Нам представляется, что исходя из эволюционно-исторических представлений о биосфере, ее необходимо видеть, по крайней мере в двух качественных состояниях: незрелая и зрелая биосфера. К вопросу о критериях зрелости вернемся ниже.

Аксиоматично и то, что «зрелая» биосфера представляет собой хорошо организованную систему, компонентами которой являются разнообразные жизненные формы, их группировки, взаимосвязи и взаимодействие между собой и средой, продукты их жизнедеятельности и взаимодействий, энергия жизнедеятельности и др. Как и всякая система, она включает в свою структуру множество подсистем различного иерархического уровня в качестве которых (помимо упомянутых выше различных жизненных форм) выступают, очевидно, и биоценозы (биогеоценозы) различных уровней организации.

Цель данной статьи: исходя из известных сведений о биосфере, эволюции жизни и факторах эволюции, предпринять попытку проанализировать эти вопросы, в частности, с позиции системного подхода.

Обсуждение и дискуссия

Теория функциональных систем

Уже в первой половине XIX в. в биологической науке зарождается направление, которое превращается в более или менее организованное течение, получившее название «системный подход». Со временем системный подход формируется в теоретическую концепцию под названием «общая теория систем». По мнению ряда авторов, данная концепция возникла как реакция на бурный рост аналитических исследований и подходов в науке, которые удаляли творческую мысль от «проблемы целостного организма». Системный подход был объявлен новой формой мышления и начал завоевывать научное пространство.

Далее, говоря о «системном подходе» или о «позиции системного подхода», мы берем за основу теорию функциональных систем П. К. Анохина, разработанную наиболее полно в теоретическом и практическом аспектах. Анализируя успехи и неудачи системного подхода и общей теории систем П. К. Анохин (1973) пишет, что «...дело остановилось на поиске определений, формулировок, которые охарактеризовали бы систему и выделили бы ее из категории не систем». Он считает, что понимание «системной деятельности» зависит от того, сможем ли мы определить, какой конкретный фактор упорядочивает до этого «неупорядоченное множество» и делает его функциональной системой. П. К. Анохин вводит понятие «системообразующий фактор», который только и способен упорядочить «неупорядоченное множество», создать систему и отразить истинные свойства системы. По его мнению, без определения системообразующего фактора никакая концепция из теории систем не может быть плодотворной.

Определяющим фактором, целью и смыслом деятельности системы есть *полезный конечный результат*. Именно он, по мнению П. К. Анохина, оказывает «центральное организующее влияние на все этапы формирования функциональной системы... и является несомненно *функциональным феноменом*».

Обращаем внимание и на другие обобщения П. К. Анохина относительно роли и функционального значения результата: «Только результат может изменить неорганизованное множество в организованное; недостаточный результат может целиком реорганизовать систему и сформировать новую; в случае недостаточного результата ... возникает *активный подбор новых компонентов;* всякий компонент может войти в систему только в том случае, если он вносит свою долю содействия в получение запрограммированного результата; *изменчивость* входящих в систему структурных компонентов продолжается до тех пор, пока не будет получен соответствующий полезный результат; именно *результат функционирования системы является движущим фактором прогресса всего живого на нашей планете*» (Анохин, 1948, 1970, 1973).

Несмотря на то что теория функциональных систем основывается, главным образом, на организменном и внутриорганизменном уровне, ряд выводов и обобщений, в том числе приведенные выше, применимы и к надорганизменным системам.

Никто не возражает, что биосфера — это глобальная, сложная, многоуровневая и многофункциональная система; что существующее разнообразие жизненных форм

не хаотично, а является результатом функционирования этой системы. Вместе с тем биологи не ставили задачу научного поиска и исследования системообразующего фактора. Его стихийный поиск, как правило, и заводил проблему в лоно идеалистических теорий и концепций: Творец (Бог) создал все живое, он же определил и порядок или систему его существования. Проблема «полезного результата» биосферы вообще вынесена за рамки как эволюционного учения, так и учения о биосфере.

Системообразующий фактор биосферы как системы. Главным фактором эволюции в теории Ч. Дарвина является естественный отбор, которому присущи и творческие функции. Эрудиция и интеллект эволюционистов были задействованы, главным образом, в дискуссиях о степени этой «главности» и творческих потенций отбора. Нам кажется, что при любой степени главности естественный отбор не может быть системообразующим фактором в силу следующих обстоятельств. Как эволюционный фактор естественный отбор смог проявиться при определенном уровне эволюции биосферы и разнообразия жизненных форм (Mattey, 1954), другими словами — при появлении конкурентных отношений между организмами. Таким образом он не мог участвовать в формировании биосферы на самых ранних этапах ее истории, когда не было ни разнообразия жизненных форм, ни конкурентных отношений, а потому он вряд ли мог сыграть роль системообразующего фактора.

Круговорот вещества и потоков энергии возник еще в добиотический период (Камщилов, 1970). Можно даже утверждать, что поток (круговорот) атомов и энергии в геохимический период эволюции Земли подготавливал базу и условия для возникновения жизни и, следовательно, биосферы. Биотический круговорот вещества и энергии должен был возникнуть сразу же с возникновением первых органических молекул, первых простейших организмов. Первоначально он мог быть в составе геохимического круговорота. Постепенно, по мере роста количества и разнообразия живых организмов биотический круговорот усиливался и становился средством контроля и управления жизненными процессами в биосфере, своего рода инструментом биосферы. С его участием и, очевидно, под его контролем складывалась структура, организация и функции биосферы; т. е. упорядочивалось некое «неупорядоченное» множество; определялся конечный полезный результат, к которому стремилась система-биосфера.

Таким образом, круговорот вещества обладает основными качествами системообразующего фактора.

Полезный результат деятельности биосферы как системы. Компоненты биосферы. Поскольку функционирование системы любого уровня направлено на получение полезного результата (Анохин, 1973), впору поставить вопрос: а какой полезный результат может быть у такой глобальной биотической системы, как биосфера?

Исходя из того, что биосфера — это среда или пространство, в котором жизнь возникла и прошла путь эволюции от простейших до высокоорганизованных жизненных форм, превратившись в саморегулируемую систему жизнеобеспечения сотен тысяч видов, и что существование самой биосферы равнозначно существованию жизни, можно сделать вывод, что конечным полезным результатом деятельности системы-биосферы является непрерывное функционирование самой биосферы (равно — жизни) со всеми составляющими ее компонентами. То есть поддержка жизни во всех ее проявлениях и тенденциях. С этой точки зрения, эволюция жизни — условие, необходимое для существования и биосферы, и жизни. Поэтому эволюция — процесс безостановочный, а система-биосфера функционирует в континууме полезных результатов.

Мотором системы-биосферы, ее инструментом и системообразующим фактором является биотический круговорот вещества и потоков энергии. Его «ненасытность», постоянная потребность в интенсификации биогенной миграции атомов, расширении арсенала используемых ресурсов биосферы (что невозможно без новых фигурантов процесса с повышенными биохимическими и физиологическими возможностями, а отсюда — и морфофункциональной организацией) обусловливают прогресс и непрерывность эволюции в рамках системы-биосферы.

Несколько слов о компонентах биосферы. В литературе высказываются мнения неоднозначные и расплывчатые. По В. И. Вернадскому, они представлены косным, живым и биогенным веществами, которые образуют биоценозы разного уровня сложности. Для нас наиболее интересными являются компоненты категории «живое вещество», представленной миллионами видов жизненных форм разных уровней организации, и «биоценозы различного уровня сложности», в которых реализуется жизнедеятельность этих видов. Компоненты данной категории характеризуются динамичностью, приспособляемостью, гетероморфностью, иерархичной структурой, изменчивостью и изменяемостью.

Эволюция с точки зрения системного подхода

Основываясь на вышеизложенном, попытаемся смоделировать процесс эволюции жизни в рамках системы-биосферы, начиная с периода, когда в ней появились первые живые тела (протобионты) и начал проявляться биотический круговорот вещества.

Очевидно, можно допустить, что изначально биосфера представляла единый геобиоценоз, единую нишу, которую осваивали первичные простейшие организмы (вероятно, ее можно назвать меганишей). В результате жизнедеятельности последних накапливалось биотическое вещество, нарабатывалась дополнительная энергия (согласно В. И. Вернадскому), происходила дифференциация единой экологической ниши и самых простейших организмов. Скорее всего, биотическое вещество и энергия первоначально вовлекались в геохимический круговорот. Не исключено существование геохимобиотического круговорота до появления предпосылки возникновения биотического. Как бы ни было, но включение в круговорот биотического вещества и энергии вело к появлению «свободной» или дополнительной энергии, которая могла быть задействована для совершенствования биотического круговорота, структуры и функции биосферы, дифференциации организмов и меганиши простейших. Накопление биомассы простейших организмов, имманентно присущая изменчивость, дифференциация, создали предпосылки к запуску механизма естественного отбора, который отдает предпочтение тем из них, которые способны в большей степени, чем другие, «интенсифицировать биогенную миграцию атомов» и расширять «арсенал используемых ресурсов биосферы». То есть естественный отбор как бы выполняет заказ биотического круговорота вещества и энергии, становясь его инструментом (подобно тому, как искусственный отбор стал инструментом человека).

Жизнь развивается, завоевывая пространство, биосфера расширяет границы за счет верхних слоев Земли и нижних слоев атмосферы. Простейшие организмы, попадая в разные условия среды, обретают различные биохимические и физиологические характеристики, дифференцируются, однако, не выходя за рамки типа, то есть — за рамки своей морфологической и генетической организации. Ниша простейших заполняется. Для поддержания функционального состояния системы ненасытный круговорот требует все возрастающей биогенной миграции атомов и расширения арсенала используемых в биосфере ресурсов. Возможности простейших организмов удовлетворить запросы круговорота исчерпываются; нужны качественно новые жизненные формы, обладающие новыми возможностями

интенсификации биогенной миграции атомов и еще больше расширяющие арсенал используемых ресурсов биосферы. За время своей жизнедеятельности простейшие организмы обусловили предпосылки для дальнейшей эволюции организмов, создали новые экологические ниши, наработали вещество и энергию, материалы для естественного отбора. Путем проб и ошибок естественный отбор создает жизненные формы, удовлетворяющие запросам биотического круговорота на данный период функционирования системы.

Вопрос о том, как возникли многоклеточные, как жизнь смогла прорвать блокаду и выйти за рамки организации простейших одноклеточных организмов и как это происходило в дальнейшем до образования типа позвоночных, окончательно не решен, и обсуждать его в данной статье не имеет смысла. Можно лишь сказать, что с точки зрения системного подхода возникновение организмов, представляющих новые типы жизненных форм, обусловлено рядом факторов, связанных с функционированием системы: прежде всего, вероятно, — с наличием свободных экологических ниш и соответствующего уровня биотического круговорота, обретающего устойчивые тенденции к возрастанию. Эти факторы создаются жизнедеятельностью предшественников. Как бы то ни было, но в биосфере появились многоклеточные организмы с новыми физико-химическими и физиологическими характеристиками, с новыми эволюционными потенциями.

Многоклеточные осваивают новую экологическую нишу — нишу многоклеточных; эксплуатируют ее, интенсифицируя биогенную миграцию атомов и расширяя арсенал используемых ресурсов биосферы; усиливают биотический круговорот вещества и потоков энергии; создают резерв свободной энергии и вещества; повышают стабильность и устойчивость функционирования всей системы (биосферы), которая, в свою очередь, используя свои возможности и механизмы, благоприятствует их жизнедеятельности. Чтобы соответствовать потребностям системы-биосферы и поддерживать эти процессы на требуемом уровне, который обретает стойкие тенденции к росту, многоклеточные вынуждены дифференцироваться дифференцируя и меганишу многоклеточных. При этом продолжают расширяться границы биосферы, возрастает многокомпонентность системы. В результате дифференцировок, образования новых экологических ниш многоклеточных и их расселения образуются новые типы жизненных форм в рамках меганиши царства многоклеточных. Возрастает биоразнообразие, становясь залогом устойчивости функционирования биосферы.

Образование новых типов многоклеточных с повышающимся уровнем организации и с новыми физико-химическими и морфофункциональными характеристиками идет под влиянием рассмотренных выше причин и факторов и по схожему сценарию, который соответствует диалектическому принципу — развитие по спирали.

Зрелость биосферы. Базовые и надстроечные жизненные формы. Образование основных типов жизненных форм завершилось в кембрии (Камшилов, 1979). Мы полагаем, что к этому времени были освоены основные экологические макрониши; биосфера обрела границы и биоразнообразие, близкие современным; биотический круговорот стал самодостаточным и саморегулирующимся; система обрела устойчивость и динамичность: в ней сформировались все базовые типы жизненных форм. Происходила дифференциация жизненных форм в рамках каждого из типов и дифференциация макрониш на экологические ниши низшего уровня. С возникновением основных типов жизненных форм, видимо, завершается период созревания биосферы, и она вступает в период зрелости.

Простейшие организмы стоят у истоков биосферы и биотического круговорота. Они обладают уникальными свойствами и функциями, которые возникли в истории жизни лишь однажды, на самых ранних этапах ее зарождения. На этих

свойствах и функциях закладывался фундамент конструкции и свойств биотического круговорота и биосферы, а в конечном результате — фундаментальные законы эволюции жизни.

Жизненные формы, возникавшие вслед за простейшими, обладали другими уникальными свойствами и функциями, но соответственно были лишены специфичных свойств простейших. Результаты и продукты жизнедеятельности простейших организмов становились необходимыми для жизнеобеспечения последующих жизненных форм, но последние уже имели возможность изымать их из природы в готовом виде (аналогия: организм человека лишен способности синтезировать большинство из необходимых ему витаминов, он потребляет их в готовом виде с пищей, то есть — синтезированные другими организмами). Иными словами, свойства и функции простейших организмов становились составной частью механизма жизнеобеспечения организмов, возникавших после них, и необходимым функциональным компонентом биосферы.

Очевидно, поэтому система-биосфера бережно сохраняет в своей структуре все основные типы жизненных форм, возникших в докембрийский период и в кембрии, как носителей уникальных свойств и функций. Видимо, эти организмы можно рассматривать как базовые жизненные формы.

Важно то, что носители этих уникальных свойств и функций в силу законов природы, которые они сообща и формируют в рамках биосферы, не могут оставаться неизменными. Подчиняясь запросам биотического круговорота, законам развития (эволюции) они неизбежно вынуждены совершенствоваться интенсифицируя биогенную миграцию атомов и расширяя арсенал используемых в биосфере ресурсов, приспосабливаясь к меняющимся в результате их жизнедеятельности условиям среды обитания.

Вместе с тем складывается впечатление, что с образованием основных типов эволюционные процессы как бы замыкаются в пределах типов (или подсистем). Скажем так, эволюционные процессы идут и у простейших (исчезают одни виды, возникают другие с иными биохимическими свойствами), но образовавшиеся виды сохраняют статус своего типа. Если сказанное верно, то эволюционный прогресс осуществляется за счет типа жизненных форм, возникшего последним; то есть в обозреваемом времени он осуществляется за счет типа позвоночных, которые получили эволюционную эстафету от предшественников. Вопрос, очевидно, дискуссионный.

С изложенных позиций представляется, что жизненные формы можно разделить на базовые и надстроечные. С первыми «эксперименты» системы-биосферы запрещены, они составляют фундамент и биосферы, и круговорота. Со вторыми она более или менее свободно экспериментирует. Посредством последних «латаются дыры» в механизме круговорота или компонентах биосферы, затрудняющие получение системой полезного результата, и создаются организмы с новыми биохимическими и физиологическими характеристиками. Такая ситуация, видимо, сохраняется во всех базовых типах жизненных форм. Процесс эволюции жизни и эволюционные преобразования организмов, видимо, реализуются за счет надстроечных жизненных форм. Не исключено, что некоторые из последних, приобретя определенные свойства, могут становиться «базовыми», вытесняя оттуда «устаревшие» формы.

В посткембрийский период существования биосферы новые жизненные формы ранга типов не появлялись. Очевидно, для их образования предпосылок в современной биосфере нет. Однако это не значит, что они не могут возникнуть вообще.

Форма и функция. Скорее всего, для биосферы безразлична форма организмов, а тем более их таксономический статус (удел биологов-систематиков).

Главным критерием оценки, очевидно, является их функциональная состоятельность поддерживать динамическую устойчивость биотического круговорота и способность обеспечить получение системой-биосферой полезного результата. Вместе с тем известно, что функция обеспечивается определенной структурой. Поэтому структура (форма) не может быть полностью индифферентной для естественного отбора. Очевидно, оценивая функцию, отбор опосредованно участвует в совершенствовании формы, и в этом заключается его «творческая роль» в эволюции. На основании этого можно утверждать, что естественный отбор материализуется в организмах, созданных с его участием (по аналогии с тем, как труд человека материализуется в предметах им созданных, то есть — экзотерично).

Зрелая биосфера, по-видимому, имеет достаточное разнообразие биоценозов и жизненных форм, которым присущ определенный диапазон изменчивости. Поэтому вполне можно допустить, что в биоценозах (подсистемах) зрелой биосферы всегда есть «предложения» со стороны определенных организмов или их групп в плане усиления биотического круговорота. Последние могут быть как модифицированными (эволюционно продвинутыми) компонентами данного биоценоза, так и пришельцами. Если «предложения» согласуются со спросом, то естественный отбор обеспечивает преимущество данным организмам (виду), в силу чего они вытесняют из данного биоценоза предшественников.

Полезный конечный результат, на получение которого направлена деятельность системы, очевидно, также не может быть однозначным. Система может оценить его как вполне удовлетворительный, удовлетворительный или неудовлетворительный. Поскольку конечный результат системы складывается из конечных результатов подсистем, то система контролирует вклад в общий конечный результат каждой из подсистем. Если какая-то из подсистем получает оценку «неудовлетворительно», то поступивший сигнал тревоги заставляет систему включить механизм стимуляции функции данной подсистемы или ее компонентов (такие механизмы, очевидно, должны быть в каждой системе). Если же стимуляция неэффективна, система вынуждена устранить компоненты, давшие сбой, и найти возможность компенсировать недостаточную функцию подсистемы.

Гигантизм с точки зрения системного подхода. Пригодна ли данная модель для понимания более частных ситуаций в эволюции жизни? Возьмем такое явление как возникновение гигантизма в различных группах жизненных форм. Практически в каждом крупном таксоне имеются или были свои «гиганты». Считается, что увеличение размеров тела дает видам преимущество в борьбе за существование, увеличивает их активность и поэтому поддерживается естественным отбором.

Первые «гиганты» появились в водных ценозах в различных группах беспозвоночных в начале палеозойской эры (трилобиты, черви, ракоскорпионы). Освоение суши позвоночными активно началось под конец палеозойской эры. В начале мезозойской эры появились динозавры. То есть, среди наземных позвоночных гиганты начали появляться, когда биосфера и круговорот вещества достигли зрелости.

Априори можно допустить, что гиганты не должны вызывать «заинтересованности» со стороны биотического круговорота и системы-биосферы в целом: у них большая биомасса при большой продолжительности жизни. То есть на какой-то период времени процессы изъятия биогенного вещества преобладают над его возвратом в среду. Тем не менее «гиганты» возникали практически в каждом крупном таксоне, имеются они и в наше время.

Согласно постулатам дарвинизма, заслуга в создании крупных форм принадлежит естественному отбору; согласно постулатам других концепций эволюции — это результат закономерного прогрессивного развития жизни. С позиций системного

подхода, крупные жизненные формы представляются как резерваты вещества и энергии в системе.

В отдельные периоды развития жизни и становления биосферы (например, с переходом к окислительной атмосфере, появлением или усилением фотосинтеза, возникновением раздельного кровообращения и переходом к дыханию легкими) не исключено «перепроизводство» вещества и энергии. Круговорот не справлялся с их утилизацией. Складывались условия для наращивания биомассы в системе-биосфере. Процесс мог идти двояко: путем увеличения количества существующих организмов или же путем создания крупных животных в пределах существующих жизненных форм, которые могли бы служить своего рода резервуарами вещества и энергии. Естественный отбор, с классических представлений, должен был бы благоприятствовать последним.

В силу неких причин (активная вулканическая деятельность и сокращение продуктивности фотосинтеза или появление в биосфере жизненных форм с нетрадиционно высоким потреблением энергии, например, людей) система-биосфера и биотический круговорот включают в свою орбиту такие резервуары вещества и энергии, компенсируя их потери в связи с неблагоприятными условиями. То есть организмы-гиганты приносятся в жертву благополучию всей системы (возможно, таким путем можно объяснить и образование залежей каменного угля, сланцев, нефти и др., которые активно изымаются человеком для удовлетворения энергетических потребностей).

Системный подход допускает и другой вариант существования крупных жизненных форм. Он возможен, видимо, при наличии необходимого уровня эволюции биосферы и достаточного разнообразия жизненных форм. При этом крупные жизненные формы могут существовать как полноценные компоненты круговорота и биосферы благодаря наличию организмов с коротким жизненным циклом и большой суммарной биомассой, способных изымать часть биомассы крупных организмов (кровь, частички эпителия или других тканей, волосы и др.) и относительно быстро включать эту биомассу в биотический круговорот вещества и энергии (Воинственский, 1996). Этот механизм, очевидно, и был использован системой-биосферой и эволюцией для увеличения продолжительности жизни. Но, скорее всего, оба варианта, предоставляющие возможность существования крупных жизненных форм в системе-биосфере, работают совместно.

Факторы эволюции в свете системного анализа

Факторы эволюции остаются предметом дискуссий биологов, придерживающихся различных концепций эволюции. С позиций системного подхода, факторы эволюции отличаются от факторов эволюции в классических теориях эволюции (дарвинизм, СТЭ).

Исходя из изложенного выше, к таковым следует отнести следующие факторы: 1) потенциально неограниченное количество экологических ниш в биосфере; 2) гетерогенность системы; 3) гетероморфность жизненных форм; 4) потребность биотического круговорота в интенсификации биогенной миграции атомов и расширении арсенала используемых ресурсов биосферы; 5) изменчивость организмов; 6) свободное вещество и энергия; 7) полезный конечный результат.

Первый фактор может вызвать дискуссию или даже возражения, поскольку до сих пор нет единого мнения относительно того, существуют ли экологические ниши в свободном состоянии, или же становятся экологическими нишами после вселения определенных групп организмов. Мы исходим из того, что могут быть свободные экологические ниши, несвободные и потенциально свободные. Последние образуются как результат жизнедеятельности определенных групп организмов в рамках «несвободных» экологических ниш. Что же касается «свобод-

ных» экологических ниш, то, возможно, здесь следует учитывать фактор времени. То есть они могли исчезнуть с наступлением периода зрелости биосферы, но обязаны были быть на начальных этапах эволюции биосферы. Говоря о потенциально неограниченном количестве экологических ниш, мы имеем в виду те ниши, которых еще нет в данный конкретный период времени и конкретном пространстве, но которые неизбежно возникнут (и возникают) как результат жизнедеятельности организмов. Наличие или возникновение новых свободных экологических ниш мы относим к одному из движущих факторов эволюции в силу того, что «природа не терпит пустоты», а система нуждается в постоянном притоке энергии.

Второй, третий и пятый факторы так или иначе присутствуют и в классических концепциях эволюции.

Важнейшим является четвертый фактор. Интенсифицировать биогенную миграцию атомов и расширить арсенал используемых ресурсов биосферы могут только организмы с новыми биохимическими, физиологическими и морфофункциональными характеристиками. Поиском таких организмов занята система-биосфера и биотический круговорот с помощью естественного отбора.

Биотический круговорот должен работать в режиме динамического равновесия между потоками атомов, изымаемых из природы для построения живой материи, и атомов, возвращаемых в нее для подготовки к новым изъятиям. Поскольку в таком процессе неизбежны потери энергии и вещества (энтропия), что нарушает функционирование любой системы и требует компенсации потерь, то эволюция становится процессом непрерывным. Отбор отыскивает все новые и новые формы организмов, способных компенсировать данные потери.

В этом отношении процесс эволюции сравним с ситуацией, которая в велоспорте называется «гонка за лидером». Лидером есть биотический круговорот, который тянет за собой эволюционные преобразования жизненных форм, образование новых видов, наделенных новыми качествами, способных поддерживать биотический круговорот в данных конкретных условиях и обеспечивать получение системой (биосферой) полезного конечного результата.

Полезный конечный результат, как следует из теории функциональных систем П. К. Анохина, — это цель и смысл функционирования системы. Для биосферы — это сохранение, а то и приумножение разнообразия компонентов (биоразнообразия) и развитие жизни во всех ее проявлениях. Поскольку жизнь, в силу упоминавшихся выше причин, невозможна в статических условиях, биосфера стимулирует и корректирует ее эволюцию.

С позиций системного подхода, меняется представление о главном движущем факторе эволюции. Если в теории Ч. Дарвина и СТЭ движущим фактором является естественный отбор, то с позиции системного подхода таковым является полезный конечный результат. Вся деятельность системы и ее компонентов направлена на получение полезного результата. Роль естественного отбора сохраняется довольно значительной, но он как бы теряет самостоятельность, становясь инструментом биотического круговорота вещества. То есть он работает «по найму», выполняя «заказы» биотического круговорота и в соответствии с его потребностями в данный период функционирования биосферы.

В данной статье, очевидно, нет смысла (и возможности) более подробно останавливаться на описании таких характеристик системы, как системообразующий фактор, полезный конечный результат деятельности системы, целеполагание и целеосуществление. Это вопросы специальные, сформулированные на базе многолетних экспериментальных исследований. Мы воспринимаем их в авторской трактовке (Анохин, 1948, 1970, 1973; Украинцев, 1973) и лишь пытаемся применить для понимания принципов функционирования системы другого, более высокого уровня.

Заключение

Биосфера — сложная биологическая система, которая возникла и развивалась параллельно с возникновением и развитием жизни на планете Земля. Поэтому она является и пространством, созданным жизнью, и средой, в которой жизнь зарождалась, развивалась и продолжает развиваться. Биосфере как системе, присуща структура и функция; как и жизнь, она прошла длительный путь эволюции, совершенствуя структуру и функцию; основными компонентами биосферы являются живые организмы и ценозы, ими созданные. Следовательно, совершенствовать структуру и функцию биосфера могла, главным образом, посредством этих биотических компонентов. Последние, являясь основными поставщиками вещества и энергии в биотический круговорот, должны были сами изменяться (эволюционировать) совершенствуя функцию и форму, интенсифицируя биогенную миграцию атомов и расширяя арсенал используемых ресурсов биосферы. То есть эволюция жизни и эволюция биосферы как общей биологической системы являются процессом «единоутробным», неразделимым. Изучать эволюцию жизни и строить теории эволюции в отрыве от биосферы как общей биологической системы непродуктивно. Практически всем теориям эволюции в большей или меньшей мере присущ этот недостаток.

Системный подход, провозглашаемый новой идеологией науки, не проник глубоко в биологию. Он концептуально не отработан (причины частично проанализированы П. К. Анохиным, 1973). Биосфера, с точки зрения ее системной организации, исследована крайне мало. Практически, в этом отношении мы не продвинулись дальше общих принципов структуры и функции биосферы, изложенными еще В. И. Вернадским. Становится понятным, что законы природы, законы эволюции зарождались и развивались системно и их истоки необходимо искать там.

Много неясного остается в структуре системы-биосферы, а особенно в ее формировании. Так, исходя из теории функциональных систем (Анохин, 1973), система должна иметь некий аналитический центр, где осуществляется афферентный синтез всей информации и вырабатывается ответное решение. По аналогии, такой центр должен быть и в системе-биосфере. Однако ничего подобного в биосфере пока не обнаружено. Эта ситуация сходная с той, о которой писал А. Л. Чижевский, обсуждая вопросы «солнечно-земных» связей: «К сожалению, мы почти ничего не знаем ни об устройстве регулятора, ни о природе управляющего сигнала, ни о его коде» (Чижевский, 1969, с. 102). Можно предполагать, что в системе-биосфере такой регулятор встроен в биотический круговорот вещества и потоков энергии.

При системном подходе несколько меняется оценка и сущность факторов эволюции, однако это, скорее, дополняет постулаты классических теорий эволюции, чем отрицает их. Если биотический круговорот вещества и энергии является системообразующим фактором и механизмом регуляции жизненных процессов в рамках биосферы, то естественный отбор выступает в роли его инструмента. Отбирая жизненные формы с соответствующими (данному периоду состояния биосферы и круговорота) морфофункциональными характеристиками, естественный отбор осуществляет их первичную апробацию на функциональное соответствие. Наконец, с позиций системного подхода, меняются акценты в определении и биосферы, и эволюции, и биотического круговорота вещества, и естественного отбора.

Биосфера представляется как глобальная биотическая система с присущей ей структурой и функцией, с потенциально неограниченным количеством экологических ниш и разнообразием жизненных форм, со средствами контроля и

управления всеми процессами, направленными на получение системой полезного конечного результата. Последний заключается в поддержании непрерывности процесса эволюции, создании и сохранении разнообразия жизненных форм (биоразнообразия), что, в свою очередь, является залогом существования системы-биосферы. Системообразующим фактором и «инструментом» биосферы является биотический круговорот вещества.

Биотический круговорот вещества представляется как средство и механизм регуляции обменных процессов, протекающих в системе, именуемой биосферой. Обеспечивая энергетические и материальные потребности системы, он постоянно стремится к интенсификации биогенной миграции атомов и расширению арсенала используемых в биосфере ресурсов, стимулируя непрерывность процесса эволюции как поиска системой жизненных форм, способных обеспечить эти «интенсификацию» и «расширение».

Естественный отбор представляется как инструмент биотического круговорота вещества, как своего рода экспертная инстанция, осуществляющая поиск, коррекцию и первичную апробацию организмов на функциональное соответствие (способность поддерживать необходимый на данный период уровень обменных процессов в системе). Другими словами, естественный отбор выдает организмам «сертификат на деятельность», передает их в распоряжение системы-биосферы, которая оценивает их функциональную пригодность для потребностей всей системы и определяет им место в рамках системы.

Эволюция — естественный процесс развития жизни, обусловленный внутренними потребностями системы-биосферы и направленный на поддержание ее функционирования путем создания новых жизненных форм (или организмов), способных поддерживать необходимый в данный период функционирования биосферы уровень биогенной миграции атомов, увеличивать арсенал используемых ресурсов биосферы, а в конечном результате — обеспечить получение системой полезного конечного результата.

Поскольку именно круговорот осуществляет биогенную миграцию атомов, которая стремится к максимуму, то он сам вынужден «расти», стимулируя разнообразие жизненных форм (видов, организмов) в биосфере. Ибо только они могли и могут интенсифицировать биогенную миграцию атомов и расширить арсенал используемых ресурсов биосферы.

Биосфера не просто заинтересована в эволюции жизни (то есть в росте биоразнообразия, видообразования), она не смогла бы существовать без этого, поскольку статичность не совместима ни с жизнью, ни с биосферой. Истинной же причиной эволюции очевидно является динамичность Вселенной, энтропия «на местах», требующая постоянной компенсации потерь энергии путем создания жизненный форм, способных к этому. Если прекратит работу биотический круговорот (от потери энергии) жизнь «задохнется» в своих же продуктах жизнедеятельности.

Анохин П. К. Системогенез как общая закономерность развития эволюционного процесса // Бюл. эксперим. биол. и мед. — 1948. — **25**, № 2, 8. — С. 81—99.
Анохин П. К. Теория функциональной системы // Успехи физиол. науки. — 1970. — **1**, № 1. — С. 19—54.
Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. — М. : Наука, 1973. — С. 5—61.
Богатырев Л. Г., Макаров О. А., Семенюк О. В., Матышак Г. В. О некоторых тенденциях в изучении биосферы // Экология. — 2004. — № 1. — С. 2—12.
Вернадский В. И. Биосфера. — М. : Наука, 1967. — 376 с.
Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. — М. : Наука, 1989. — 263 с.
Вернадский В. И. Научная мысль как планетарное явление. — М. : Наука, 1991. — 271 с.
Воинственский М. А. Системный отбор и его роль в эволюции. — Киев : Ин-т зоологии НАНУ, 1996. — 32 с.
Голубець М. А. Від біосфери до соціосфери. — Львів : Поллі, 1997. — 254 с.

Голубець М. А. Вступ до геосоціосистемології. – Львів : Поллі, 2005. – 198 с
Гумбольдт А. Картины природы. – М.: 1959. – 270 с.
Камшилов М. М. Биотический круговорот. – М. : Наука, 1970. – 160 с.
Камшилов М. М. Эволюция биосферы. – М. : Наука, 1979. – 256 с.
Колчинский Э. И. Эволюция биосферы. – Л. : Наука, 1990. – 236 с.
Чижевский А. Л., Шишина Ю. Г. В ритме солнца. – М. : Наука, 1969. – 112 с.
Украинцев Б. С. Доминирующая мотивация и ее место в центральной архитектуре функциональной системы // Принципы системной организации функций. – М. : Наука, 1973. – С. 67–68.
Matthey R. Quelques reflexion sur le l?evolution // Scientia. – 1954. – **89**, N 6. – P. 200–202.
Ratzel F. Seen und Werden der organischen welt. – Leipzig, 1869. – 514 S.
Süess E. Die Entstehung der Alpen. – Wien, 1875. – 168 S.
Süess E. Das Antlitz der Erde. – Wien ; Leipzig, 1909. – Bd. 3. – 789 S.